

**DIE ULTRASCHALL-DOPPLER-SONOGRAPHIE
DER A. CAROTIS.
EIN KLINISCHER ERFAHRUNGSBERICHT**

Dora Wernheimer

1982



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41554013_0060

AUS DER III. MEDIZINISCHEN ABTEILUNG
DES STÄDTISCHEN KRANKENHAUSES
MÜNCHEN - NEUPERLACH

CHEFARZT : PROF. DR. P. DIETERLE

DIE ULTRASCHALL - DOPPLER - SONOGRAPHIE DER A. CAROTIS.
EIN KLINISCHER ERFAHRUNGSBERICHT

INAUGURAL - DISSERTATION
ZUR ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE IN DER GESAMTEN MEDIZIN
AN DER LUDWIG-MAXIMILIAN-UNIVERSITÄT ZU MÜNCHEN

vorgelegt von

Dora Wernheimer
aus München

1981

Mit Genehmigung des Fachbereichs Medizin der
Universität München

Berichterstatter : Prof. Dr. P. Dieterle
Mitberichterstatter : Prof. Dr. E. Buchborn
Dekan : Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 28.1.1982



1. Die ...
 2. Die ...
 3. Die ...

4. Die ...
 5. Die ...

6. Die ...
 7. Die ...

8. Die ...
 9. Die ...

10. Die ...
 11. Die ...

12. Die ...
 13. Die ...

14. Die ...
 15. Die ...

16. Die ...
 17. Die ...

18. Die ...
 19. Die ...

Für Fritz

INHALTSVERZEICHNIS

	<u>Seite</u>
<u>LISTE DER ABKÜRZUNGEN</u>	3
<u>1. EINLEITUNG</u>	4
1.1. Todesursachenstatistik	4
1.2. Klinische Bedeutung extra- kranieller Hirnarterienob- literationen	5
<u>2. PATIENTEN UND METHODIK</u>	8
2.1. Patienten	8
2.2. Gerätbeschreibung	12
2.3. Untersuchungsgang	13
2.3.1. Anamnese	13
2.3.2. Pulsstatus und Auskultation	15
2.3.3. Direkte und indirekte USD- Sonographie der A. carotis	16
2.3.3.1. Anatomische und physiologische Grundlagen	16
2.3.3.2. Untersuchungstechnik	18
2.4. Beurteilung der akustischen Strö- mungssignale und der Strompuls- kurven	20
2.4.1. Normalbefund	20
2.4.2. Pathologische Befunde	22
2.4.2.1. Plaques	22
2.4.2.2. Stenosen und Verschlüsse	23
2.5. Karotisangiographie	27
2.6. Statistische Auswertung	27

	<u>Seite</u>
<u>3. ERGEBNISSE</u>	29
3.1. Pathologische USD-Befunde im unter- suchten Patientengut	29
3.1.1. Indirekte USD-Sonographie	29
3.1.2. Kombinierte indirekte und direkte USD-Sonographie	30
3.2. Ergebnisse der kombiniert direkten und indirekten USD-Sonographie	38
3.2.1. Geschlecht	38
3.2.2. Alter	38
3.2.3. Risikofaktoren	40
3.2.4. Koronare Herzerkrankungen	41
3.2.5. Symptomatik	41
3.2.6. Auskultationsbefunde	44
3.3. Angiographische Kontrollen der USD-Befunde	46
 <u>4. DISKUSSION</u>	 49
4.1. Vergleich: Indirekte und kombinierte indirekte und direkte USD-Sonographie	49
4.2. Beurteilung der Augenwinkel-Befunde	50
4.3. Diagnostische Zuverlässigkeit der USD-Sonographie	51
4.4. Stellenwert der USD-Sonographie in der Diagnostik von Karotisstenosen und -verschlüssen	52
4.4.1. Indikation zur USD-Sonographie	52
4.4.2. Operation ohne Angiogramm	54
4.4.3. Therapeutisch-prophylaktischer Aspekt der USD-Sonographie	55
 <u>5. ZUSAMMENFASSUNG</u>	 58
 <u>6. LITERATURVERZEICHNIS</u>	 62

LEBENS LAUF

LISTE DER ABBÜRZUNGEN

AVK	=	Arterielle Verschlußkrankheit
KHE	=	Koronare Herzerkrankung
MHz	=	Megahertz
n	=	Anzahl der Patienten
p	=	Irrtumswahrscheinlichkeitskoeffizient
$s_{\bar{x}}$	=	Standardabweichung vom Mittelwert
TEA	=	Thrombendarteriektomie
USD	=	Ultraschall-Doppler
$\bar{x}$	=	Mittelwert

1. EINLEITUNG

1.1. Todesursachenstatistik

Hirngefäßkrankheiten stehen in der Todesursachenstatistik der Bundesrepublik Deutschland (32) an dritter Stelle. (Tab. 1)

Demnach erlagen 1978 20,1 Prozent aller Verstorbenen bösartigen Neubildungen, 19,6 Prozent ischämischen Herzerkrankungen und 14,1 Prozent Hirngefäßkrankheiten.

Todesursache	Ins- gesamt	Anzahl	
		männ- lich	weib- lich
Bösartige Neubildungen	145 404	72 697	72 707
Ischämische Herzerkrankungen	141 523	76 627	64 896
Hirngefäß- krankheiten	102 047	40 626	61 421
Sterbefälle insgesamt	723 218	355 488	367 730

Tab.1: Sterbefälle nach Todesursachen und Geschlecht,
BRD 1978.

Dies bedeutet für die BRD, daß bezogen auf 100 000 Einwohner im Jahre 1978 166 Sterbefälle aufgrund von Hirngefäßerkrankungen zu registrieren waren.

1.2. Klinische Bedeutung extrakranieller Hirnarterienobliterationen

Der häufig letale Ausgang von Hirngefäßerkrankungen zeigt die Wichtigkeit ihrer Früherkennung, um eine rechtzeitige und erfolgversprechende Therapie einleiten zu können.

20 - 40 % sämtlicher Hirndurchblutungsstörungen sind auf obliterierende extrakranielle Gefäßprozesse zurückzuführen. (9, 23, 37)

Hierbei kommt den Stenosen und Verschlüssen im extrakraniellen Abschnitt der A.carotis interna die größte Bedeutung zu, da sie der operativen Therapie direkt zugänglich ist.

Für die Indikationsstellung zur Operation hat es sich bewährt, gemäß der neurologischen Symptomatik Karotisstensen in vier Stadien zu unterteilen. (3)

- Stadium I: Ohne klinische Symptomatik ; Strömungsgeräusch am Hals.
- Stadium II: Intermittierende zerebrale Ischämie ("little stroke", "transient ischemic cerebral attack") mit flüchtigen neurologischen Ausfällen, die sich innerhalb von Minuten bis maximal 24 Stunden zurückbilden.
- Stadium III: Schlaganfall in Entwicklung ("progressive stroke") mit manifesten neurologischen

Ausfällen, die stetig oder schubweise innerhalb von Stunden bis Tagen fortschreiten.

Stadium IV: Voll ausgebildeter Schlaganfall ("complete stroke") mit bleibenden neurologischen Ausfällen.

Während bis vor wenigen Jahren extrakranielle Stenosen der A. carotis interna bei entsprechender Klinik des transitorisch ischämischen Insultes die klassische Indikation für gefäßchirurgische Eingriffe darstellten, nimmt in letzter Zeit die Zahl der prophylaktischen Karotis-Thrombendarteriektomien im asymptomatischen Stadium I stetig zu. (8, 33, 36)

Niedrige Letalitätsquoten bei Operationen im klinischen Stadium I und II der Karotisinsuffizienz und geringe postoperative Komplikationsraten sprechen für die Notwendigkeit einer systematischen Suche nach beginnenden stenosierenden Prozessen der extrakraniellen Hirnarterien. Demgegenüber sind Stadium III und IV der zerebrovasculären Insuffizienz mit solch hohen postoperativen Komplikationsraten und Letalitätsquoten behaftet, daß die Indikation zur Operation nur in Ausnahmefällen gestellt werden darf. (7)

Die Forderung nach der Früherkennung von Karotisstenosen wird ferner durch Untersuchungen gestützt, nach denen im Durchschnitt etwa 25 - 40 % aller Patienten mit intermittierenden zerebralen Ischämien im Laufe von 5 Jahren einen Schlaganfall entwickeln (1,15,34,35), der bei rechtzeitiger Therapie vielleicht hätte vermieden werden können.

In der vorliegenden Arbeit soll über Erfahrungen und Ergebnisse berichtet werden, die mit der indirekten und der kombinierten indirekten und direkten Ultraschall-Doppler-Sonographie (USD-Sonographie) bei der Diagnostik von Karotisobliterationen gewonnen wurden.

2. PATIENTEN UND METHODIK

2.1. Patienten

An der III. Medizinischen Abteilung des Städtischen Krankenhauses München-Neuperlach wurden 1113 Patienten an 2226 Karotiden untersucht.

Dabei wurde im Zeitraum vom 1.1.1977 - 1.6.1977 bei 113 Patienten (Gruppe I) die indirekte USD-Sonographie - die ausschließliche Beschallung am medialen Augenwinkel - durchgeführt.

Die folgenden 1000 Patienten (Gruppe II) wurden mit der kombinierten indirekten und direkten USD-Sonographie untersucht, wobei neben dem Augenwinkel zusätzlich der Halsabschnitt der A.carotis direkt beschallt wurde. Der Untersuchungszeitraum dieser Gruppe erstreckte sich vom 1.6.1977 - 31.2.1979.

Sämtliche Untersuchungen wurden von Herrn Dr. med. F. Reimer durchgeführt.

In beiden Patientengruppen waren das männliche und das weibliche Geschlecht annähernd gleich häufig vertreten. (Tab. 2)

Gruppe	Anzahl	$\%$	$\%$	Alter in Jahren		
		männl.	weibl.	$\bar{x}$	$s\bar{x}$	Bereich
I	113	49,6	50,4	64,1	13,8	25-88
II	1000	49,2	50,8	66,5	12,4	19-88

Tab.2: Geschlechts- und Altersverteilung des Patientengutes.

Das Durchschnittsalter lag für Gruppe I bei $64,1 \pm 13,8$ Jahren, für Gruppe II bei $66,5 \pm 12,4$ Jahren. Betrachtet man die einzelnen Altersklassen, so findet man in Gruppe I 58,4 % und in Gruppe II 65,5 % in der Altersklasse zwischen 61 und 80 Jahren. (Abb. 1)

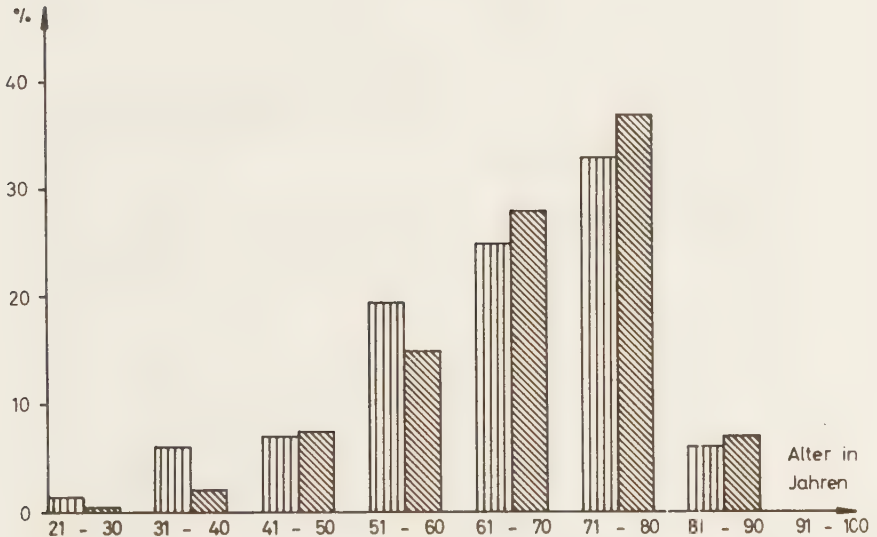


Abb.1: Altersverteilung des Patientengutes.

- ▤ Gruppe I, n = 113, indirekte USD-Sonographie
- ▨ Gruppe II, n = 1000, kombinierte direkte und indirekte USD-Sonographie

- 58,4 % der Patienten aus der Gruppe I und 64,5 % aus Gruppe II fallen in die Altersklasse zwischen 61-80 Jahre.
- In Gruppe I sind 15,9 % der Patienten jünger als 50 Jahre und 6,2 % älter als 80 Jahre; in Gruppe II sind 11,6 % jünger als 50 Jahre und 7,5 % älter als 80 Jahre.

Abb. 2 zeigt eine Aufschlüsselung der klinischen Symptome, die zur Durchführung einer USD-Sonographie der Karotiden führten.

Ein Großteil der Patienten wies eine Symptomatik auf, die den Verdacht auf Durchblutungsstörungen der A. carotis äußern ließ.

Es wurden aber auch solche Patienten untersucht, deren Symptome wahrscheinlich durch Störungen im Bereich des vertebro-basilären Versorgungsgebietes hervorgerufen wurden. (11)

Ferner wurden asymptomatische Patienten überprüft, bei denen ein Strömungsgeräusch am Hals festgestellt wurde oder bei denen Risikofaktoren für eine zerebrale Arteriosklerose (10) vorlagen.

Nach den Untersuchungen von HELMIG et al. (12) ist bei arteriellen Verschlußkrankheiten im Becken-Oberschenkel-Bereich häufig mit einer supraaortischen arteriosklerotischen Miterkrankung zu rechnen.

38 Patienten unterzogen sich einer Kontrolluntersuchung, die entweder als postoperative Erfolgskontrolle oder als Verlaufskontrolle bereits diagnostizierter Stenosen und Verschlüsse indiziert war.

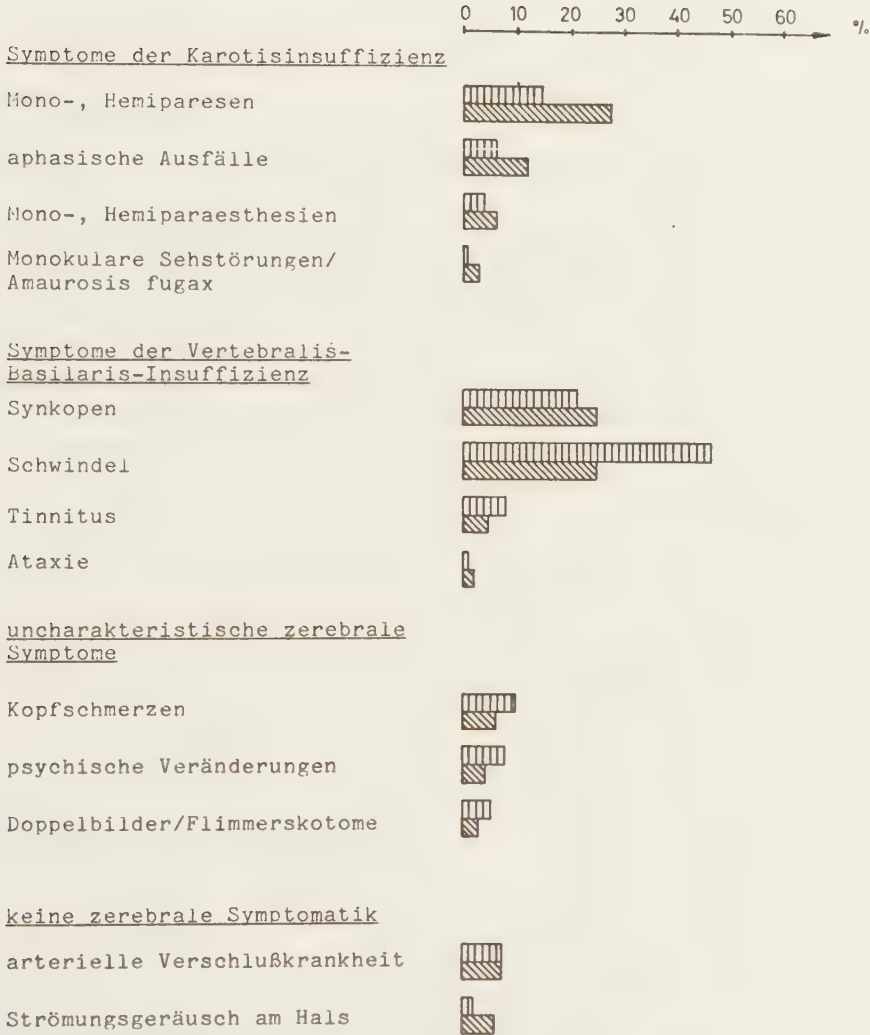


Abb.2: Aufschlüsselung der Symptome, die im vorliegenden Krankengut eine Karotis-USD-Sonographie indizierten.

- Der überwiegende Teil der Patienten wies gleichzeitig zwei oder mehrere Symptome auf.



Gruppe I, n = 113, indirekte USD-Sonographie



Gruppe II, n = 1000, kombinierte direkte und indirekte USD-Sonographie

2.2. .Gerätbeschreibung

Für die USD-Strömungsmessung stand das direktionale Gerät "Débitmètre Ultrasonique Directionnel" der Fa. Delalande Electronique zur Verfügung. Bei diesem Gerät erfolgt die Schallemission kontinuierlich mit 4 MHz mittels einer kleindimensionalen, nicht fokussierten Sonde. Die Schallwellen werden von der Oberfläche der sich fortbewegenden Blutzellen reflektiert, von einem Detektorkristall registriert und in elektrische Wechselspannung umgesetzt. Die so aufgefangenen Strömungssignale können nach Verstärkung hörbar gemacht und nach weiterer elektrischer Differenzierung mittels eines Schreibers als Strompulscurven aufgezeichnet werden.

Bei den vorgelegten Untersuchungen wurde ein EKG-3-Kanal-Schreiber der Fa. Hellige verwendet. Zur Bestimmung der Strömungsrichtung wurde das Gerät so gepolt, daß ein Ausschlag auf der Strompulscurve nach oben eine Blutströmung von der Schallsonde weg, ein Ausschlag nach unten hingegen eine Blutströmung zur Schallsonde hin anzeigte.

Der Abstand des Fußpunktes der Pulscurven zur Nulllinie (Strömungsgeschwindigkeit 0) zeigt die enddiastolische Strömungsgeschwindigkeit, das Kurvenmaximum die systolische Erhöhung der Strömungsgeschwindigkeit.

2.3. Untersuchungsrang

2.3.1. Anamnese

Zu Beginn einer jeden Untersuchung wurde eine gezielte Anamnese erhoben.

Besonderes Augenmerk legten wir auf die zerebrale Symptomatik und die neurologischen Ausfallerscheinungen. (Abb. 2)

Bei 15 % der Patienten aus Gruppe I und bei 27,5 % der Patienten aus Gruppe II wurde ein ein- oder mehrmaliges Auftreten von Mono- bzw. Hemiparesen vermerkt. 6,2 % (Gruppe I) bzw. 12,9 % (Gruppe II) der Patienten gaben aphasische Ausfälle an, wobei motorische Aphasien gegenüber sensorischen eindeutig dominierten. Über das Auftreten einer Amaurosis fugax wurde nur in fünf Fällen berichtet.

Symptome der Vertebro-basilaris-Insuffizienz und uncharakteristische zerebrale Symptome kamen häufig in Kombination mit einer zerebralen Herdsymptomatik vor.

Weiterhin wurden folgende atherogenen Risikofaktoren erfaßt:

- Hypertonus: Als Hypertoniker wurden Patienten mit systolischen Blutdruckwerten über 160 mmHg und/oder diastolischen Blutdruckwerten über 95 mmHg definiert.
- Rauchen: Ein mindestens 10-jähriger Nikotinabusus, der täglich 10 Zigaretten überschritt, charakterisierte den Raucher. Frühere Raucher

- mußten mindestens eine 8-jährige Abstinenz vorweisen, um als Nicht-Raucher beurteilt zu werden.
- Diabetes: Die Kriterien für den Diabetes waren entweder die langjährig bekannte und behandelte Erkrankung oder ein pathologischer oraler Glucosetoleranztest mit nachgewiesenen 2-Stunden-Werten über 140 mg/100 ml.
 - Adipositas: Die Einstufung als adipös erfolgte, wenn das Sollgewicht (Sollgewicht in kg = Körperlänge in cm - 100) um 10 % überschritten wurde.
 - Hyperlipoproteinämie: Laut 4. Normalwerttabelle des Klinisch-Chemischen Instituts am Krankenhaus München-Neuperlach (25) vom November 1977 galten folgende Normalwerte:

Triglyceride		74 - 170 mg%
Cholesterin	♂	
	20 - 30 J.	140 - 260 mg%
	über 30 J.	165 - 280 mg%
	♀	
	20 - 40 J.	145 - 250 mg%
	41 - 50 J.	150 - 280 mg%
	über 50 J.	180 - 330 mg%

Abb. 3 gibt die Risikofaktorenverteilung in den Patientengruppen I und II wieder.

In Gruppe I stand der Diabetes mit 45 % an erster Stelle der Häufigkeitsangaben. Ihm folgten der Hypertonus mit 32,7 %, das Rauchen mit 30,1 %, die Adipositas mit 19,5 % und die Hyperlipoproteinämie mit 13 %.

In Gruppe II hingegen dominierte der Hypertonus mit 55,3 %, gefolgt vom Rauchen mit 43,2 %, der Adipositas mit 39,9 %, dem Diabetes mit 38,9 % und der Hyperlipoproteinämie mit 13 %.

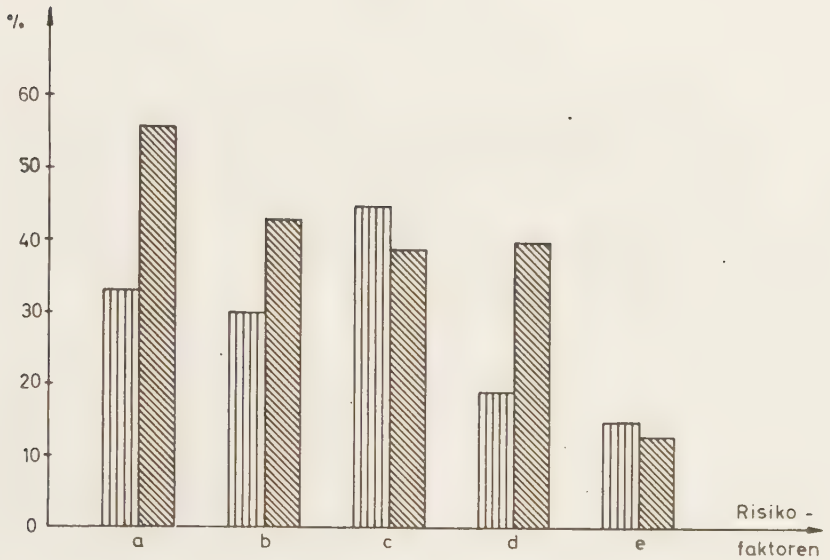


Abb.3: Risikofaktorenverteilung im Patientengut.

Gruppe I  n = 113, indirekte USD-Sonographie

Gruppe II  n = 1000, kombinierte direkte und indirekte USD-Sonographie

a = Hypertonus, b = Rauchen, c = Diabetes,
d = Adipositas, e = Hyperlipoproteinämie.

Neben den Risikofaktoren wurden vorausgegangene Herzinfarkte und koronare Herzerkrankungen in Gruppe I von 10,6 % und in Gruppe II von 18 % der Patienten angegeben.

2.3.2. Pulsstatus und Auskultation

Der Anamnese folgte die Palpation der Arterienpulse. Beidseits und parallel wurden die A. carotis communis am Hals, die A. temporalis superficialis vor dem Tragus, die A. facialis am Unterkieferrand, die A. subclavia

supra- und infraclaviculär und die A. radialis getastet, wobei insbesondere auf Seitendifferenzen bzw. auf das Fehlen eines Pulses geachtet wurde. Weiterhin wurde im Halsverlauf der A. carotis sowie supra- und infraclaviculär auskultiert, um Stenosegeräusche zu erfassen.

2.3.3. Direkte und indirekte USD-Sonographie der A. carotis

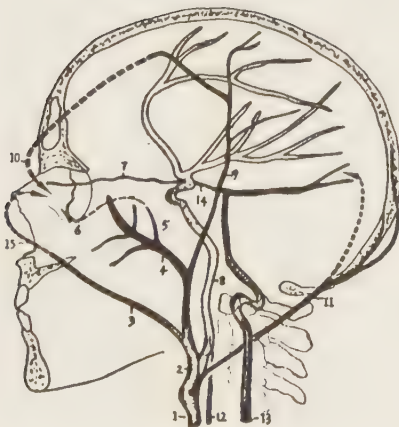
2.3.3.1. Anatomische und physiologische Grundlagen

Die USD-Sonographie erfordert von dem Untersucher exakte Kenntnisse über den Gefäßverlauf der A. carotis im Bereich des Halses, sowie über die wesentlichen Anastomosen zwischen der A. carotis interna und der A. carotis externa. (38)

Etwa in Höhe des oberen Schildknorpelrandes teilt sich die A. carotis communis in die A. carotis interna und die A. carotis externa mit ihren Ästen. Während die A. carotis externa ungefähr den Richtungsverlauf der A. carotis communis beibehält, kann die A. carotis interna zahlreiche Variationen in ihrem Verlauf aufweisen. Neben möglichen Schleifenbildungen unterschiedlichen Ausmaßes, variiert ihre Lage zur A. carotis externa. Dorso-laterale, dorso-mediale und dorsale Lagebeziehungen wurden beschrieben. (13)

In Abb. 4 werden die für die zerebrovasculäre USD-Untersuchung wesentlichen Anastomosen zwischen der A. carotis interna und der A. carotis externa schematisch dargestellt.

Die A. ophthalmica, die normalerweise im oberen Siphonbereich der ipsilateralen A. carotis interna entspringt, anastomosiert mit ihren fronto-orbitalen Endästen -



- 1 A. carotis communis
- 2 A. carotis externa
- 3 A. facialis
- 4 A. maxillaris
- 5 A. meningea media
- 6 A. lacrimalis
- 7 A. ophthalmica
- 8 A. carotis interna
- 9 A. temporalis superficialis
- 10 A. supraorbitalis
- 11 A. occipitalis
- 12 Truncus thyreocervicalis
- 13 A. vertebralis
- 14 A. communicans posterior
- 15 A. angularis

Abb. 4: Schematische Darstellung des Hirnkreislaufes.

Für die USD-Sonographie sind die Anastomosen zwischen der A. carotis interna und der A. carotis externa am medialen Augenwinkel von Bedeutung.

der Aa. supratrochlearis und supraorbitalis - mit der ipsilateralen A. carotis externa über die A. facialis/A. angularis und die A. temporalis superficialis ramus frontalis.

Als weiterer Kollateralkreislauf ist der Weg über die A. maxillaris, A. meningea media zur A. lacrimalis und A. ophthalmica zu nennen.

Physiologischerweise ist die Perfusion in der A. ophthalmica orthograd von der Orbita nach außen gerichtet.

Diagnostisch verwertet werden kann eine Differenz der Strompulsamplituden der Aa. supratrochleares um mindestens 40 % (4,24), ein Flow um Null auf einer Seite oder die Umkehr der Strömungsrichtung von außen nach innen (retrograde Perfusion).

Diese Befunde am Augenwinkel deuten auf einen stenosierenden Prozeß der A. carotis im Bereich zwischen ihrem Abgang aus dem Aortenbogen und dem Abgang der A. ophthalmica aus dem Karotissinus hin. Eine gute kollaterale Zirkulation über den Circulus arteriosus kann jedoch selbst bei höhergradigen Stenosen die Strömungsrichtung unbeeinflusst lassen und somit bei ausschließlich indirekter USD-Sonographie unauffällige Befunde liefern.

2.3.3.2. Untersuchungstechnik

Die Untersuchungstechnik der direkten und indirekten USD-Sonographie wurde bereits von mehreren Autoren beschrieben. (4, 30)

Wenn irgendwie möglich wurde die Untersuchung am sitzenden Patienten durchgeführt. (Abb. 5)



Abb. 5: Durchführung der USD-Sonographie am
 sitzenden Patienten.

Der leicht dorsalflektierte Kopf des Patienten wird mittels einer Kopfstütze fixiert.

Ein haut- und augenverträgliches Kontaktgel (Aquasonic^R) vermindert den Übergangswiderstand zwischen Dopplersonde und Haut.

Bei der direkten USD-Sonographie werden die extrakranielle Aa. carotis communis, interna und externa selektiv beschallt. Eine Differenzierung dieser Gefäße ist aufgrund ihrer Lage und insbesondere ihrer Strömungscharakteristika möglich.

Die indirekte USD-Sonographie erfordert die Beschallung der A. supratrochlearis und/oder der A. supraorbitalis am medialen Augenwinkel. Durch Positions- und Winkeländerungen der Schallsonde wird versucht, das größt mögliche pulssynchrone Strömungssignal abzuleiten, welches im Seitenvergleich zu interpretieren ist.

Kompressionstests wurden nicht routinemäßig durchgeführt. Lediglich zweifelhafte Befunde erforderten die Beurteilung des Flowverhaltens am Augenwinkel bei gleichzeitiger Kompression ipsi- und kontralateraler Äste der A. carotis externa (A. facialis, A. temporalis superficialis) und der A. carotis communis.

2.4. Beurteilung der akustischen Strömungssignale und der Strompulskurven

Neben der Beurteilung der Strompulskurvencharakteristika der Karotisäste am Hals und des Flowverhaltens am medialen Augenwinkel wurde auf eine möglichst exakte Beachtung der akustischen Strömungssignale besonderen Wert gelegt.

Die zusammenfassende Bewertung der USD-Sonogramme wurde in folgender Weise vorgenommen:

2.4.1. Normalbefund

Die indirekte USD-Sonographie liefert am Augenwinkel einen annähernd seitengleichen antegraden Flow. (Abb.6 A) Die Kompression der ipsilateralen A. carotis externa führt zu einer leichten Zunahme des Strömungssignals als Folge des nun fehlenden Gegenstromdruckes im Anastomosengebiet.

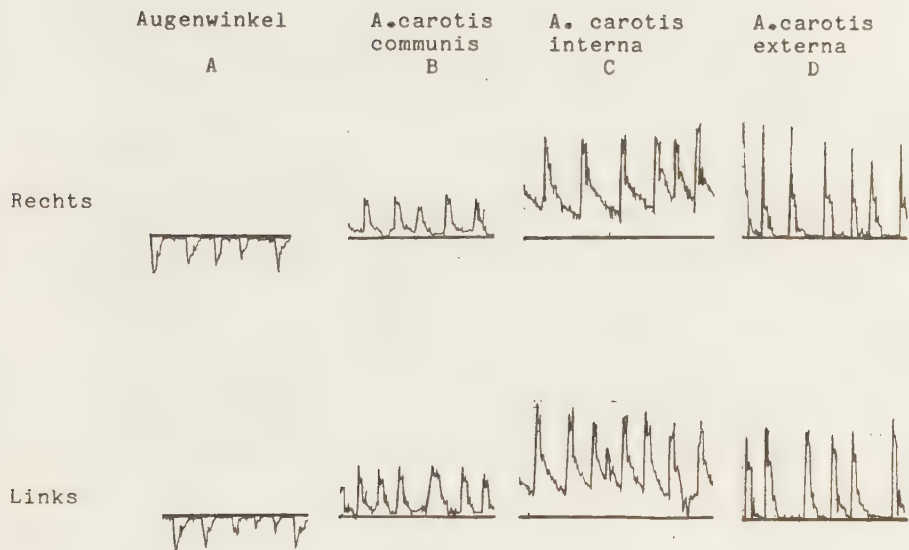


Abb. 6 A - D: Unauffälliges Karotissonogramm bei absoluter Arrhythmie.

- Augenwinkel (A): seitengleicher antegrader Flow
- A.carotis communis (B): geringgradige diastolische Strömungskomponente
- A.carotis interna (C): hohe diastolische Strömungsgeschwindigkeit
- A.carotis externa (D): hoher systolischer Flow; keine diastolische Strömungsgeschwindigkeit

BÜDINGEN (5) beschreibt die Identifizierung der arteriellen Halsgefäße.

Demnach charakterisieren eine deutlich nachweisbare diastolische Strömungsgeschwindigkeit und akustisch ein niederfrequentes Strömungssignal die A. carotis communis. (Abb. 6 B)

Die A. carotis interna weist eine hohe diastolische Strömungsgeschwindigkeit auf, ein Zeichen für den geringen peripheren Widerstand dieses hirnversorgenden Gefäßes. (Abb. 6 C) Akustisch ist ein etwa mittelfrequentes, holosystolisches, weich und rund klingendes Strömungsgeräusch zu hören.

Die A. carotis externa fällt durch eine hohe systolische und nur eine geringe bzw. gar keine diastolische Strömungskomponente auf. (Abb. 6 D) Ihr Strömungssignal imponiert akustisch als peitschendes Geräusch.

2.4.2. Pathologische Befunde

2.4.2.1. Plaques

Schon geringfügige arteriosklerotische Wandunregelmäßigkeiten sind bei exakter Abtastung der Karotisäste mit der Dopplersonde unter Umständen an einer Verschärfung des systolischen Anteils des akustischen Strömungssignals zu erkennen, ohne daß die entsprechenden Strompulskurven nennenswerte Veränderungen aufweisen. Lediglich leichte poststenotische Verwirbelungen können hervorgerufen werden.

Da Plaques und geringgradige Karotisstenosen zu keiner Beeinflussung des Augenwinkelbefundes führen, können sie nur durch direkte Beschallung am Hals entdeckt werden.

Die akustische Beurteilung dieser geringgradigen Lumeneinengungen läßt sich derzeit noch nicht mit hinreichender Sicherheit objektivieren und beinhaltet somit einen hohen subjektiven Erfahrungswert. Frequenzspektrenanalysen, an denen zur Zeit gearbeitet wird, lassen eine Objektivierung erhoffen.

2.4.2.2. Stenosen und Verschlüsse

Stenosen und Verschlüsse im Halsteil der A. carotis können folgendermaßen beurteilt werden (28):

- Leicht- bis mittelgradige Stenose:

Deutlich verschärft klingender Anteil des akustischen Strömungssignals mit allenfalls geringfügigen poststenotischen Verwirbelungen und mäßiger Zunahme der systolischen und diastolischen Strömungsgeschwindigkeiten; normaler Strompulskurvenverlauf; am Augenwinkel seitengleicher, antegrader Flow.

- Mittel- bis hochgradige Stenose:

Erheblich verschärft klingendes akustisches Strömungssignal - zischender Geräuschcharakter; poststenotisch deutliche Turbulenzen und Minderung des systolischen und diastolischen Flow; deutliche Zunahme der systolischen und diastolischen Strömungsgeschwindigkeit über der Stenose, noch normaler Strompulskurvenverlauf; am Augenwinkel seitengleicher, antegrader Flow oder Seitendifferenz in der Amplitude.

- Filiforme Stenose:

Schwirrender, zischender Klangcharakter des akustischen Strömungssignals mit erheblicher Turbulenzbildung und poststenotischer Minderung des systolischen und diastolischen Flow; erhebliche Zunahme der diastolischen Strömungsgeschwindigkeit über der Stenose, irregulärer Strompulskurvenverlauf mit ante- und retrograden Flowanteilen; am Augenwinkel häufig Flow um Null oder retrograder Flow. (Abb. 7)

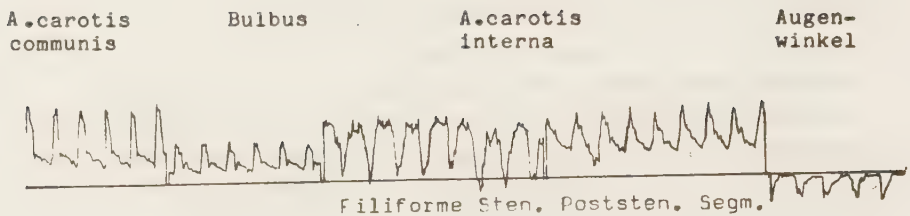


Abb. 7: Filiforme A. carotis interna Abgangsstenose in Halsmitte links. ca. 1 cm lang.

- A. carotis communis nicht flowgemindert.
- Über der Stenose ante- und retrograde Flußanteile als Ausdruck der dort herrschenden Verwirbelungen.
- Im poststenotischen Segment Flowminderung und verbreiterte Strompulscurve.
- Am Augenwinkel physiologischer antegrader Flow.
- Die A. carotis externa war im vorliegenden Fall unauffällig.

- Verschuß der A. carotis interna:

Karotis interna im Halsverlauf nicht oder nur segmental nachweisbar. Karotis externa eindeutig zu differenzieren. Flowminderung über der ipsilateralen A. carotis communis. Am Augenwinkel meist retrograder Fluß oder Flow um Null, jedoch auch antegrader Flow möglich. (Abb. 8)

Bei Karotis interna Verschuß und ausgeprägter retrograder Perfusion am Augenwinkel kann die A. carotis externa die Flow-Charakteristika einer Karotis interna annehmen. In diesem Fall muß durch Kompression der Karotis externa Äste am Kopf (A. facialis und A. temporalis superficialis) mit konsekutiver Flowminderung über der A. carotis externa am Hals die Identität der A. carotis externa bewiesen werden.

Intrakranielle Strombahnhindernisse der A. carotis interna führen je nach Ausmaß der Obliteration entweder zu einem noch völlig unauffälligen Sonogramm am Hals, oder aber bei höhergradigen Stenosen bzw. Okklusionen zu einem verminderten systolischen und diastolischen Fluß über den Aa. carotides communis und/oder interna. Ist die A. carotis interna auf der Distanz zwischen Kieferwinkel und dem Abgang der A. ophthalmica aus dem Karotissiphon haemodynamisch relevant stenosiert, so findet man einen deutlich pathologischen Befund am Augenwinkel (Amplitudendifferenz, Fluß um Null oder Strömungsumkehr).

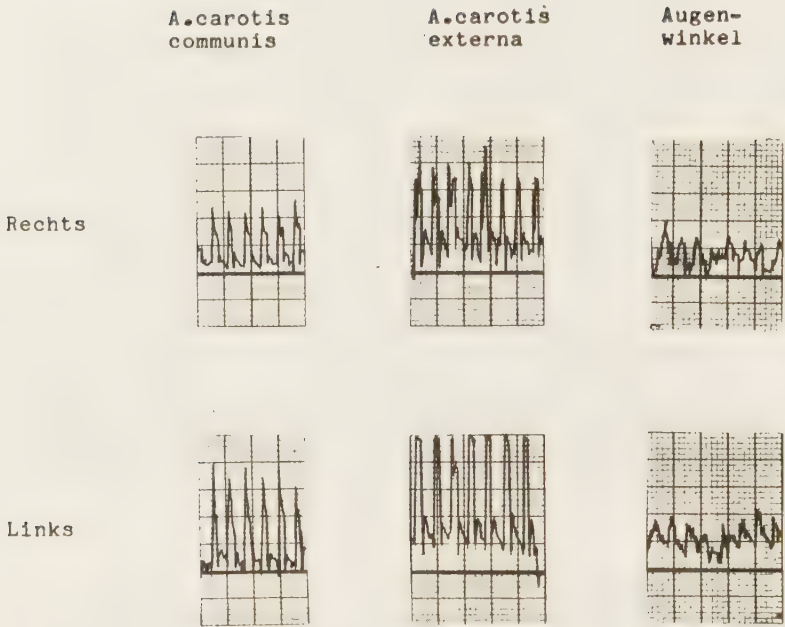


Abb.8: Beidseitiger A.carotis interna Verschuß

- A.carotis interna beidseits nicht nachzuweisen.
- Die A.carotis externa weist kompensatorisch einen hohen diastolischen Fluß auf.
- Am Augenwinkel ausgeprägte retrograde Perfusion.

2.5. Karotisangiographie

Von 153 Patienten mit normalen und pathologischen USD-Befunden standen Karotisangiogramme zur Auswertung zur Verfügung. Somit konnten insgesamt 306 Karotis-Sonogramme mit derselben Anzahl angiographierter Karotiden verglichen werden.

Die transfemorale Katheterangiographie wurde in Seldinger-Technik durchgeführt. Dabei wurden der Aortenbogen sowie der Halsteil und der intrakranielle Abschnitt der A. carotis jeweils in zwei Ebenen dargestellt.

Zur Beurteilung des Stenosegrades wurden die Kriterien von ALTER et al. (2) angewandt.

$$\% \text{ der Stenose} = \frac{(B-A) \times 100}{B}$$

Dabei läßt sich der Stenosegrad durch Messung der Breite des Kontrastmittelschattens im maximal stenosierte Bereich (A) im Vergleich zum Normallumen (B) berechnen.

Diese Methode erwies sich trotz der möglichen Fehler als geeignet, da bereits mehrere Autoren ihre Ergebnisse mit der gleichen Methode gewonnen und publiziert haben und somit Vergleiche möglich sind.

2.6. Statistische Auswertung

Auf Anregung des Instituts für Medizinische Informationsverarbeitung, Statistik und Biomathematik in Großhadern erstellten wir für jeden Patienten eine Karteikarte, auf der sämtliche von uns erfaßten Daten gespeichert wurden.

Für den Vergleich zweier relativer Häufigkeiten wurde die Analyse von Vierfeldertafeln angewandt. Hierbei überprüft der χ^2 - Test zwei Stichproben hinsichtlich des Eintreffens oder Nicht-Eintreffens eines qualitativen Ereignisses. (14, 31)

Die quantitative Analyse führten wir unter Zuhilfenahme des t-Testes durch.

3. ERGEBNISSE

3.1. Pathologische USD-Befunde im untersuchten Patientengut

3.1.1. Indirekte USD-Sonographie

Von den 113 Patienten, die vom 1.1.1977 - 1.6.1977 ausschließlich am medialen Augenwinkel mit Kompression der Karotis externa Äste untersucht wurden (Gruppe I), wiesen 19 Patienten einen ein- oder beidseitigen pathologischen Befund an der A. carotis interna auf. (Tab. 3)

Von den 22 diagnostizierten Karotis interna Stenosen waren 8 links und 14 rechts, von den 4 Verschlüssen 3 links und einer rechts lokalisiert.

7 Stenosen konnten eindeutig durch einen retrograden Fluß am Augenwinkel diagnostiziert werden.

8-mal lag ein orthograder Fluß mit einer Seitendifferenz $> 40\%$ bzw. ein Fluß um Null vor.

In 7 Fällen gab lediglich ein über der Karotisbifurkation auskultiertes Strömungsgeräusch Anhalt für eine Stenose, ohne daß haemodynamische Auswirkungen am Augenwinkel nachgewiesen werden konnten.

Die Diagnose eines Karotis interna Verschlusses wurde immer dann gestellt, wenn am Augenwinkel ein retrograder Fluß bestand, ohne daß am Hals ein Stenosegeräusch auskultiert werden konnte.

	retrograder Fluß	Null-Fluß bzw. Seitendiff. $> 40\%$	haemodyn. unwirksam
Stenose	7	8	7

Tab. 2: Doppler-Befunde an der A. supratrochlearis im Patientengut. (n = 113 Patienten)

3.1.2. Kombinierte indirekte und direkte
USD-Sonographie

367 der 1 000 Patienten (Gruppe II), deren Karotiden in ihrem extrakraniellen Verlauf zusätzlich beschallt wurden, zeigten einen pathologischen Befund an einer oder an mehreren Arterien des Karotisstromgebietes. Bei 149 Patienten war jeweils nur eine Arterie von dem stenosierenden Prozeß betroffen, während die restlichen 218 Patienten an Erkrankungen von zwei oder mehreren Arterien litten.

Tab. 4 gibt die Anzahl der erhobenen Befunde aufgeschlüsselt nach ihrer Lokalisation wieder.

	A. carot. communis	A. carot. interna extra- kranieil	A. carot. interna intra- kranieil	A. carot. externa
	Anzahl (re/li)	Anzahl (re/li)	Anzahl (re/li)	Anzahl (re/li)
Plaque	6 (5/ 1)	79 (39/ 40)	---	5 (3/ 2)
Stenose	17 (9/ 8)	225 (115/110)	46 (25/21)	219 (115/104)
Verschuß	1 (-/ 1)	46 (28/ 18)	---	10 (5/ 5)

Tab. 4: USD-Befunde im Patientengut (Gruppe II):
n = 1000

- Im Seitenvergleich konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden.
- Die A. carotis externa war annähernd gleich häufig stenosiert wie die extrakranielle A. carotis interna.

An erster Stelle der Häufigkeitsverteilung stand die extrakranielle A. carotis interna mit 79 Plaques, 225 Stenosen und 46 Verschlüssen.

Annähernd gleich häufig wurden Stenosen an der A. carotis externa gefunden (n=219). Verschlüsse kamen in ihrem Verlauf 10-mal vor.

Erwähnenswert erscheint, daß der Befund einer alleinigen Karotis externa Stenose nur bei 46 Patienten erhoben werden konnte, während die restlichen 173 A. carotis externa Stenosen Begleitbefunde einer Karotis interna - und/oder Karotis communis Obliteration darstellten.

Hinsichtlich der Häufigkeit pathologischer Befunde war die A. carotis communis mit 6 Plaques, 17 Stenosen und einem Verschuß wesentlich seltener betroffen. 7-mal wurde aufgrund einer Flußminderung über allen Karotisästen der rechten Seite eine Stenosierung des Truncus brachiocephalicus vermutet.

Zusätzlich konnte 11-mal ein Kinking im Halsverlauf der A. carotis interna und 24-mal eine Verlagerung des Karotis interna Abganges nach medial registriert werden.

Beim Vergleich der rechten und linken Karotisstrombahn konnte hinsichtlich obliterierender Gefäßprozesse keine Praedominanz festgestellt werden.

Strömungsverhältnisse am medialen Augenwinkel

Bei 312 pathologischen Befunden an der extra- und intrakraniellen A. carotis interna wurden die Strömungsverhältnisse am medialen Augenwinkel überprüft. (Tab. 5)

Die restlichen 84 pathologischen Karotis interna Sonogramme konnten aus archivarischen Gründen nicht mehr eingesehen werden.

		Strom- umkehr	O-Fluß	Amp.diff. > 40%	Normal- befund
Extrakran. A.carot.int. Verschluß	n=41	75,6% (31)	12,2% (5)	---	12,2% (5)
Extrakran. A.carot.int. Stenose	n=157	13,4% (21)	15,9% (25)	14,7% (23)	56,0% (88)
Extrakran. A.carot.int. Plaque	n=76	----	----	3,9% (3)	96,1% (73)
Intrakran. A.carot.int. Stenose bzw. Verschluß	n=38	28,9% (11)	34,2% (13)	36,9% (14)	----

Tab. 5: Strömungsverhältnisse am Augenwinkel bei Plaques, Stenosen und Verschlüssen der extra- und intrakraniellen A. carotis interna.
Angaben der relativen und der absoluten (Klammer) Häufigkeit.

- Plaques zeigten keine haemodynamischen Auswirkungen am Augenwinkel.
- Auch extrakranielle Karotis interna Stenosen wiesen häufig (56%) einen unauffälligen Augenwinkel-Befund auf.

Extrakranielle A. carotis interna Verschlüsse zeigten in 87,8 der 41 Fälle einen retrograden Fluß (75,6%) oder einen Null-Fluß (12,2%).

Interessanterweise fand sich bei 5 Verschlüssen (12,2%)

ein normaler Augenwinkel-Befund, was für eine hervorragende Kollateralversorgung über den Circulus arteriosus spricht.

Von den 157 kontrollierten extrakraniellen A. carotis interna Stenosen zeigte sich ein normaler Augenwinkel-Befund in 56 % der Fälle. Bei 13,4% der Stenosebefunde stellten wir eine Strömungsumkehr am Augenwinkel, bei 15,9% einen Null-Fluß und bei 14,7% eine Amplitudendifferenz $> 40\%$ fest.

Die überwiegend akustisch nachgewiesenen 76 extrakraniellen A. carotis interna Plaques führten zu keiner haemodynamisch signifikanten Beeinflussung des Augenwinkel-Flusses. Lediglich 3-mal (3,9%) war eine ipsilaterale Amplitudenreduktion $> 40\%$ zu registrieren.

Bei den 38 intrakraniellen A. carotis interna Stenosen und Verschlüssen überwogen retrograder Fluß (28,9%) und Null-Fluß (34,2%). Ipsilaterale Amplitudenreduktionen vermerkten wir in 36,9% der Fälle. Normalbefunde kamen nicht vor.

Die große Anzahl haemodynamisch unauffälliger Befunde am Augenwinkel bei extrakraniell diagnostizierter A. carotis interna Stenose (n=88) veranlaßte uns dazu, nach dessen Ursache zu suchen.

Dabei teilten wir die 157 extrakraniellen A. carotis interna Stenosen in folgende zwei Gruppen ein und bestimmten bei diesen den prozentualen Anteil des jeweiligen Strömungsverhaltens am Augenwinkel.

- Gruppe A: n=44; A. carotis interna Stenose ohne weiteren Befund an der ipsi- und/oder kontralateralen Karotis = Einzelbefund.
- Gruppe B: n=113; A. carotis interna Stenose mit weiteren Befunden an der ipsi- und/oder kontralateralen A. carotis interna und/oder externa = Kombinationsbefund.
(Tab. 6)

		Strom- umkehr	O-Fluß	Amp.diff. > 40%	Normal- befund
Gruppe A		22,7%	22,7%	20,5%	34,1%
Einzelbefund	n=44	(10)	(10)	(9)	(15)
Gruppe B		9,7%	13,3%	12,4%	64,6%
Kombin.bef.	n=113	(11)	(15)	(14)	(73)

Tab. 6: Strömungsverhältnisse am Augenwinkel in den Gruppen A und B.

Gruppe A: Einzelbefund einer extrakraniellen A. carotis interna Stenose

Gruppe B: Extrakranielle A. carotis interna Stenose in Kombination mit weiteren Befunden an der ipsi- und/oder kontralateralen A. carotis interna und/oder externa

- In Gruppe A trat ein Normalbefund signifikant seltener auf als in Gruppe B ($p < 0,001$).

Dabei stellte sich heraus, daß in Gruppe B (Kombinationsbefund) ein normaler antegrader seitengleicher Fluß am Augenwinkel signifikant häufiger ($p < 0,001$) auftrat als in Gruppe A (Einzelbefund).

Wir wollten feststellen, inwieweit begleitende Stenosen und Verschlüsse der ipsilateralen A. carotis externa bzw. der kontralateralen A. carotis interna den Augenwinkelbefund bei gesicherter extrakranieller Karotis interna Stenose beeinflussen.

Deshalb unterteilten wir die Gruppe B (Kombinationsbefund) unter Berücksichtigung der Lokalisation der zusätzlich vorhandenen Nebenergebnisse in die Gruppen B1 mit B3.

Gruppe B1: n=33; Extrakranielle A. carotis interna Stenose mit gleichzeitiger ipsilateraler A. carotis externa Stenose.

Gruppe B2: n=28; Extrakranielle A. carotis interna Stenose mit kontralateraler A. carotis interna Stenose/Verschluss ohne Befund an der Karotis externa.

Gruppe B3: n=52; Extrakranielle A. carotis interna Stenose mit kontralateraler A. carotis interna Stenose/Verschluss und Befund an der Karotis externa.

Tab. 7 zeigt die Strömungsverhältnisse am Augenwinkel bei diesen drei Gruppen.

In den Gruppen B2 und B3 gingen in die Klasse der Normalbefunde jeweils 4-mal ein niedriger seitengleicher orthograder Fluß ein, was jedoch auch für eine beidseitige Amplitudenreduktion sprechen könnte.

Gruppe B3 zeigte zusätzlich 4-mal einen ipsilateral niedrigen orthograden Fluß mit gegenseitigem Null-Fluß, so daß sich bei Ausschluß dieser fraglich pathologischen Befunde der prozentuale Anteil an Normalbefunden in Gruppe B2 von 60,7% auf 46,4% (x) und in Gruppe B3 von 61,5% auf 46,2% (xx) gegenüber 72,7% in Gruppe B1 reduzierte.

Gruppe		Strom- umkehr	0-Fluß	Amp.diff. > 40%	Normal- befund
B1	n=33	3% (1)	9,1% (3)	15,1% (5)	72,7% (24)
B2	n=28	21,4% (6)	17,9% (5)	-----	60,7% (17) 46,4% (x) (13)
B3	n=52	7,7% (4)	13,5% (7)	17,3% (9)	61,5% (32) 46,2% (xx) (24)

Tab. 7: Strömungsverhältnisse am Augenwinkel in den Gruppen B1 mit B3.

- Angaben der relativen und der absoluten (Klammer) Häufigkeit
(x), (xx) Häufigkeitsangabe nach Ausschluß fraglich pathologischer Befunde.
- B1: Extrakran. A. carot.int.Stenose mit ipsilat. A.carot.ext.Stenose
- B2: Extrakran. A. carot.int.Stenose mit kontralat. A.carot.int.Stenose/Verschluß
- B3: Extrakran. A. carot.int.Stenose mit kontralat. A.carot.int.Stenose/Verschluß plus Befund an der A.carot.ext.
- In der Gruppe B1 war der prozentuale Anteil an normalen Augenwinkelbefunden am größten.

Somit stellte der alleinige Einfluß der ipsilateralen A. carotis externa die größte Fehlerquelle bei der Befunderhebung am Augenwinkel dar.

Bei beidseitiger Karotis interna Stenose muß besonders auf die Größe der Stimpulsamplitude geachtet werden.

Fallbeispiel:

Bei einer 70-jährigen Frau wurde der Befund einer linksseitigen hochgradigen A. carotis interna Stenose in Kombination mit einer ipsilateralen A. carotis externa Stenose erhoben. Dieser USD-Befund wurde angiographisch bestätigt.

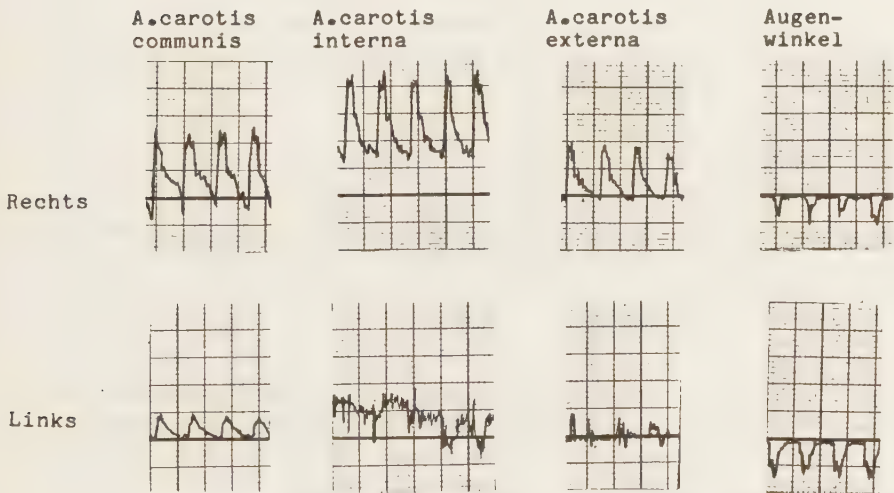


Abb. 9: USD-Sonogramm einer 70-jährigen Frau mit linksseitiger hochgradiger A.carot.int.Stenose in Kombination mit einer ipsilat. A.carot.ext.Stenose.

- Beide Aa.supratrochleares weisen einen gleichseitigen antegraden Fluß auf.
- Über der der Stenose vorgeschalteten Karotis communis links ist eine Flußreduzierung zu vermerken.

Trotz hochgradiger Karotis interna Stenose zeigte sich über dem Augenwinkel ein als normal anzusehender orthograde Fluß, der durch den fehlenden Gegenstromdruck der ebenfalls stenosierte Karotis externa herzuleiten war.

3.2. Ergebnisse der kombiniert direkten und indirekten USD-Sonographie

Beim größten Anteil (n=1000) unseres Gesamtpatientengutes (n=1113) wurde die kombinierte indirekte und direkte USD-Sonographie angewandt. Hierbei wurden neben dem Augenwinkel auch die extrakraniellen Abschnitte der Karotiden untersucht. Dieser zusätzlich erhobene Befund ließ eine Erweiterung und Präzisierung der Diagnostik erwarten.

Deshalb stellten wir diese 1000 Patienten in den Mittelpunkt unserer weiteren Untersuchungen. Von diesen 1000 Patienten wiesen 367 einen pathologischen USD-Befund auf, 633 Patienten zeigten einen unauffälligen USD-Befund.

3.2.1. Geschlecht

Im vorliegenden Patientengut ließ sich keine geschlechtsspezifische Häufung pathologischer USD-Befunde nachweisen. ($p > 0,5$)

3.2.2. Alter

Das Durchschnittsalter der 367 untersuchten Patienten mit pathologischen USD-Befunden lag mit 70,2 Jahren signifikant höher als bei den 633 untersuchten Patienten

mit normalen USD-Befunden und einem Durchschnittsalter von 64,3 Jahren. ($p < 0,001$)

76,6 % der Patienten mit pathologischen USD-Befunden befanden sich in der Altersklasse zwischen 61 und 80 Jahren. (Abb. 10)

Zu erwähnen ist jedoch, daß auch in jüngeren Lebensjahren pathologische Befunde zu erheben waren.

Die Karotisstenose ist somit keine Erkrankung ausschließlich des höheren Lebensalters.



Abb. 10: Prozentuale Aufschlüsselung des Patientenalters nach Altersklassen.

□ Patienten mit pathologischen USD-Befunden
▨ Patienten mit unauffälligen USD-Befunden

- 76,6 % der Patienten mit pathologischen USD-Befunden befanden sich in der Altersklasse zwischen 61 und 80 Jahren gegenüber 59,3 % der Patienten mit unauffälligen USD-Befunden.
- Das Durchschnittsalter der Patienten mit pathologischen USD-Befunden lag signifikant höher als dasjenige der Patienten mit unauffälligen USD-Befunden. ($p < 0,001$)

3.2.3. Risikofaktoren

Hinsichtlich des Auftretens von Risikofaktoren wurde die Patientengruppe mit Doppler-sonographisch nachgewiesenen stenosierenden Erkrankungen im Karotisstromgebiet (n=367) derjenigen Patientengruppe mit normalen USD-Befunden (n=633)

gegenübergestellt. (Abb. 11)

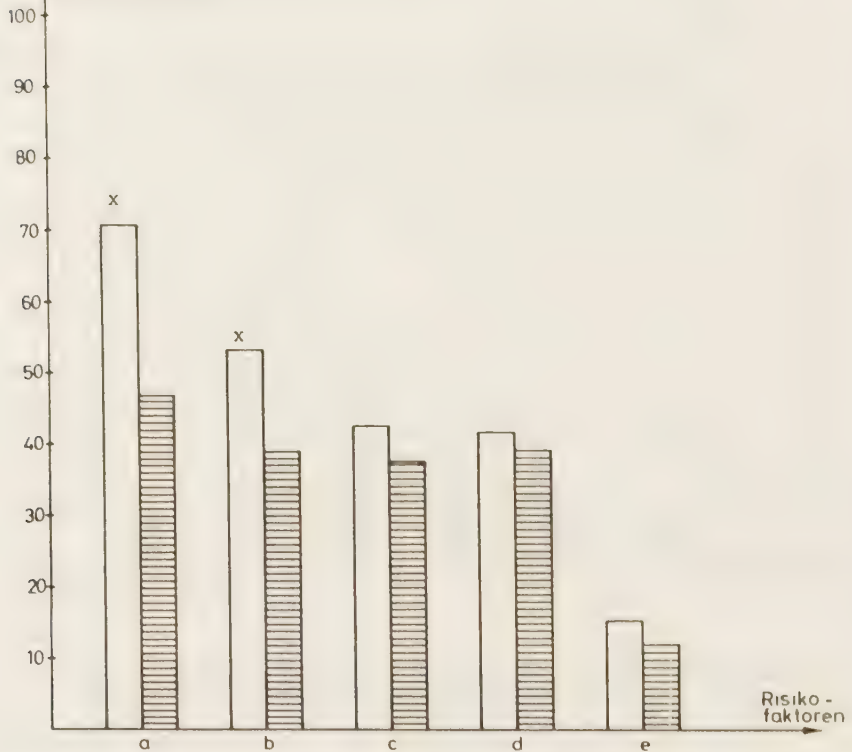


Abb. 11: Prozentualer Anteil von Risikofaktoren (a-e) in den Patientengruppen mit  und ohne  pathologischen USD-Befunden.

a = Hypertonus, b = Rauchen, c = Diabetes,
d = Adipositas, e = Hyperlipoproteinämie

- x) Die Risikofaktoren Hypertonus und Rauchen kamen in der Patientengruppe mit pathologischen USD-Befunden signifikant gehäuft vor. ($p < 0,01$)

Bei beiden Patientengruppen stand der Hypertonus mit 71,1% bzw. 46,4% an erster Stelle der Risikofaktorenangaben. Für den Hypertonus wurde eine signifikante Häufung ($p < 0,01$) in der Gruppe mit pathologischen USD-Befunden festgestellt.

In dieser Gruppe kam weiterhin der Risikofaktor Rauchen signifikant häufiger vor. ($p < 0,01$)

Bezüglich der weiteren Risikofaktoren - Diabetes, Adipositas und Hyperlipoproteinämie - unterschieden sich die beiden Patientengruppen nicht signifikant.

3.2.4. Koronare Herzerkrankungen

Koronare Herzerkrankungen wurden signifikant gehäuft ($p < 0,05$) in Kombination mit einer Karotisinsuffizienz gefunden.

3.2.5. Symptomatik

Die meisten unserer 1000 Patienten wiesen gleichzeitig mehrere Symptome auf, die den Verdacht auf eine zerebrale Mangel durchblutung zuließen. Diese Tatsache machte es erforderlich übergeordnete Symptomenklassen zu bilden. Die Einteilung der Patienten gemäß ihrer Symptomatik nahmen wir folgendermaßen vor:

- zerebraler Herdbefund:

In diese Klasse fielen Patienten mit lokalisierbaren zerebralen Ausfällen wie Mono/Hemiparesen, Mono/Hemiparaesthesien, motorischen und sensorischen Aphasien und einer Amaurosis fugax.

Meist kamen zu diesen Herdbefunden noch weitere uncharakteristische zerebrale Symptome und/oder Synkopen hinzu.

- Synkopen ohne Herdsymptomatik:

Wegen der Häufigkeit dieses Befundes stellten wir eine eigene Symptomenklasse auf. Weitere zerebrale Allgemeinsymptome ergänzten oft das klinische Bild.

- zerebraler Allgemeinbefund:

In dieser Klasse faßten wir Angaben wie Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Benommenheit, Konzentrationsstörungen, Desorientierung und Flimmerskotome zusammen.

- ohne zerebralen Befund:

Bei diesen Patienten führten bestehende arterielle Verschußkrankheiten im Becken-Bein-Bereich oder ein zufällig festgestelltes Strömungsgeräusch am Hals zur USD-Untersuchung.

- Kontrolluntersuchungen:

In dieser Gruppe wurden vorwiegend postoperative Kontrolluntersuchungen durchgeführt.

- keine Anamnese erhebbar:

Die geistige Desorientierung dieser Patienten ließ keine Anamneseerhebung zu.

Wir untersuchten nun die Zusammensetzung des Gesamtpatientengutes hinsichtlich dieser Symptomenklassen. (Tab.8) Ferner interessierte uns der Zusammenhang zwischen neurologischen und USD-Befund. Deshalb unterteilten wir das Gesamtpatientengut in eine Gruppe mit unauffälligen USD-Befunden (n=679) und in eine weitere Gruppe mit pathologischen Befunden an der A. carotis interna und/oder A. carotis communis (n=321) und bestimmten die prozentuale Verteilung der jeweiligen Symptomenklassen auf diese beiden Gruppen.

Die 46 isoliert auftretenden A. carotis externa Stenosen wurden der Gruppe der unauffälligen USD-Befunde zugeordnet, da sie für eine zerebrale Mangel durchblutung klinisch ohne Relevanz sind.

	Gesamt- patien- tengut		unauffälli- ger USD-Be- fund ein- schl. Ext. Stenosen		patholog. USD-Befund an Int.u./o. Comm.	
	n=1000		n= 679		n= 321	
	n	%	n	%	n	%
Zerebraler Herdbefund	368	100	220	59,8	148	40,2
Synkopen ohne Herdsymptomatik	210	100	166	79,0	44	21,0
Zerebraler Allgemeinbefund	256	100	197	77,0	59	23,0
Ohne zerebralen Befund	116	100	72	62,1	44	37,9
Kontroll- untersuchungen	38	100	12	31,6	26	68,4
keine Anamnese erhebbar	12	100	12	100	-----	

Tab. 8: Zusammenhang zwischen klinischen Symptomen, die eine USD-Untersuchung indizierten, und den erhobenen USD-Befunden.

- Ein zerebraler Herdbefund führte am häufigsten zur USD-Diagnostik. 40,2% dieser Patienten wiesen einen pathologischen Befund an der A.carot.int. und/oder A.carot.comm.auf.
- 37,9 % der Patienten ohne zerebralen Befund (Strömungsgeräusch am Hals, arterielle Verschlusskrankheit im Becken-Bein-Bereich) zeigten pathologische USD-Befunde.

Im Gesamtpatientengut führte ein zerebraler Herdbefund (n=368) am häufigsten zur USD-Untersuchung. Bei 40,2% dieser Patienten fand sich ein pathologischer USD-Befund.

Auch bei 21% aller Patienten mit Synkopen (n=210) und bei 23% derjenigen mit zerebralen Allgemeinbefunden (n=256) fanden sich pathologische Veränderungen der Karotis interna und/oder Karotis communis. Erstaunlicherweise fanden wir bei 37,9% der Patienten, die an keinen zerebralen Beschwerden litten, aber ein Strömungsgeräusch am Hals oder eine arterielle Verschlusskrankheit im Becken-Bein-Bereich vorwiesen (n=116), pathologische USD-Befunde. Somit ist dieser Symptomenklasse neben den zerebralen Herdbefunden große Bedeutung zuzumessen.

3.2.6 Auskultationsbefunde

Vor einer jeden USD-Untersuchung wurden unsere 1000 Patienten im Halsverlauf der A. carotis sowie supra- und infraclaviculär auskultatorisch untersucht. Bei 207 Patienten wurde insgesamt 321-mal auf der rechten und/oder linken Halsseite ein Strömungsgeräusch auskultiert.

Um den Aussagegehalt dieser Auskultationsbefunde beurteilen zu können, verglichen wir diese mit den erhobenen USD-Befunden. (Tab. 9)

Hierbei wurde berücksichtigt, daß Karotisverschlüsse im Halsverlauf und intrakranielle Veränderungen an der Karotis zu keinem Auskultationsbefund am Hals führen.

Anzahl der Befunde	
USD-Sonographie + / Auskultation +	289
USD-Sonographie + / Auskultation -	159
USD-Sonographie - / Auskultation +	32

Tab. 9: Übereinstimmung von USD-Befund und Auskultationsbefund.

- + Vorliegen eines pathologischen USD-Befundes am Hals (keine Verschlüsse!) bzw. Strömungsgeräusch am Hals zu auskultieren
- unauffälliger USD-Befund bzw. kein Strömungsgeräusch am Hals auskultierbar

289-mal entsprach das auskultierte Strömungsgeräusch einem sonographisch nachgewiesenen Stenosebefund an den extrakraniellen Karotisästen.

Bei 159 Doppler-sonographisch diagnostizierten Plaques und Stenosen im Halsverlauf der A. carotis konnte auch in nachträglicher Kenntnis des Sonographiebefundes kein Strömungsgeräusch nachgewiesen werden.

Hierbei handelte es sich um 53 Karotis interna Plaques und 55 Karotis interna Stenosen, von denen 11 eine hochgradige Lumeneinengung aufwiesen.

5-mal war die A. carotis communis - 2 Plaques und 3 Stenosen - betroffen.

46-mal konnte bei einer Karotis externa Stenose ohne homolateralen Begleitbefund kein Strömungsgeräusch auskultiert werden. In weiteren 21 Fällen war die

A. carotis externa in Kombination mit einem bereits aufgeführten Befund an der Karotis interna oder Karotis communis betroffen, so daß insgesamt 67 pathologische USD-Befunde an der A. carotis externa ohne entsprechenden Auskultationsbefund blieben.

32-mal konnte trotz auskultierbarem Strömungsgeräusch kein USD-Befund erhoben werden. Hier muß bei beidseitigem Auskultationsbefund an vom Herzen fortgeleitete Geräusche bzw. bei einseitigem Befund an Stenosen anderer Gefäße (Truncus thyreocervicalis, Äste der A. carotis externa) gedacht werden.

3.3. Angiographische Kontrollen der USD-Befunde

Von 153 Patienten mit normalen und pathologischen USD-Befunden standen Karotisangiogramme zur Auswertung zur Verfügung. Somit konnten insgesamt 306 Karotissonogramme mit 306 angiographierten Karotiden verglichen werden.

Die Auswertung der Sonogramme und Angiogramme erfolgte durch unabhängige Untersucher.

Der Stenosegrad bei der Angiographie wurde nach den Kriterien von ALTER et al. (2) beurteilt. Die Lumen-einengung wird dabei in Prozent des Normallumens angegeben.

Von den 153 Patienten wurden 114 Patienten an insgesamt 134 Karotiden operiert, so daß bei dieser Gruppe neben dem Angiogramm auch der intraoperative Befund mit zur Beurteilung herangezogen werden konnte.

A.carotis interna	Angiographie	USD-Sonographie	
		Übereinstimmend	abweichend
ohne path.Befund	70	70	-
arterioskler.Plaque	31	24	7
Stenose < 50 %	62	58	4
Stenose > 50 %	101	100	1
Verschuß	42	41	1

Tab.10: Korrelation zwischen Angiographie- und USD-Befunden.

- Der USD-Befund wurde jeweils vor dem Karotisan-
giogramm erhoben.
- Es wurde kein falsch positiver USD-Befund erhoben.
- Die Trefferquote für Stenosen > 50 % und Ver-
schlüsse liegt bei 99 %, für Stenosen < 50 % bei
93,5 % und für arteriosklerotische Plaques bei 77 %.
- Für alle Befunde ergibt sich eine globale Treffer-
quote von 95,7 %.

Da die Auswertung und Beurteilung primär unter gefäßchirur-
gischem Aspekt erfolgte, wurden ausschließlich Befunde an
der extrakraniellen A. carotis interna berücksichtigt.

Wie aus Tab. 10 zu ersehen ist, wurden alle Normalbefun-
de auch mit der USD-Methode richtig vorhergesagt, d.h. es
wurde kein falsch positiver USD-Befund erhoben.

Stenosen mit einer Lumeneinengung > 50 % und Verschlüsse
der A. carotis interna konnten in dem untersuchten Kollekt-
tiv mit einer Trefferquote von nahezu 99 % richtig diag-
nostiziert werden.

Ein Karotis communis Verschuß wurde irrtümlich als Ver-
schluß der A. carotis interna gedeutet, wobei offensicht-
lich großkalibrige Kollateralen als A. carotis communis
fehlinterpretiert wurden.

Ferner wurde ein als normal befundetes Karotis-Sonogramm angiographisch nicht bestätigt. Es fand sich bei diesem Patienten eine ca. 65 %ige Einengung am Abgang der A. carotis interna, wobei dieses Gefäß vollständig von der A. carotis externa überlagert war. Zudem hatte der Patient einen kurzen adipösen Hals, was die Untersuchungstechnik erschwerte.

Von 62 A. carotis interna Stenosen mit einer Lumeneinengung $< 50\%$ wurden 58 richtig vorhergesagt, was einer Trefferquote von 93,5 % entspricht.

Als arteriosklerotische Plaques wurden Wandunregelmäßigkeiten bezeichnet, die angiographisch als Lumeneinengung bis zu maximal 25 % imponierten. Auch bei solchen Veränderungen konnte in ca. 77 % der Befund Doppler-sonographisch richtig erhoben werden, was uns besonders bedeutungsvoll erscheint.

Bei allen in Tab. 10 erwähnten Fällen war sonographisch eine eindeutige Differenzierung der A. carotis communis, interna und externa möglich. (Ausnahme s.o.) Bei allen 2000 Karotis-Sonogrammen gelang 21-mal keine eindeutige Differenzierung der Karotisäste. Dies entspricht einer Häufigkeit von etwa 1 %.

Ferner konnte 2-mal der sonographische Befund einer Truncus brachiocephalicus Stenose und 4-mal der Befund einer intrakraniellen A. carotis interna Stenose angiographisch überprüft werden. In diesen Fällen stimmte der Angiographiebefund mit dem USD-Befund überein.

Somit ergibt sich für unsere angiographisch kontrollierten USD-Befunde eine globale Trefferquote von ca. 96 %.

4. DISKUSSION

4.1. Vergleich: Indirekte und kombinierte indirekte und direkte USD-Sonographie

Von unseren 113 Patienten, die ausschließlich am medialen Augenwinkel beschallt wurden, zeigten sich bei 6,6 % der 226 untersuchten Aa. supratrochleares pathologische Befunde, die den Rückschluß auf einen obliterierenden Prozeß der A. carotis interna erlaubten.

Bei den 2 000 Karotiden, die in ihrem extrakraniellen Verlauf zusätzlich untersucht wurden, stellten wir bei 19,8 % einen pathologischen Interna-Befund fest. Diese höhere Trefferquote weist einen Vorteil der zusätzlichen direkten Beschallung der Halsgefäße auf, die auch geringgradige Stenosen und arteriosklerotische Plaques erfassen läßt. So kann ein erfahrener Untersucher an der Verschärfung des systolischen Anteils des akustischen Strömungssignals geringfügige Wandunregelmäßigkeiten erkennen, noch bevor bei den korrelierenden Strompulskurven nennenswerte Veränderungen festzustellen sind.

Ferner ist bei alleiniger Ableitung über der A. supratrochlearis die sichere Unterscheidung zwischen einer Karotisstenose und einem Verschuß nicht möglich. (4, 21, 24, 29) Demgegenüber kann der extrakranielle Karotisverschuß bei exakter Abtastung des Gefäßes in aller Regel eindeutig diagnostiziert werden.

Ein weiterer Vorteil der direkten USD-Sonographie ergibt sich aus der Möglichkeit, obliterierende Veränderungen am Hals exakt zu lokalisieren und in etwa zu quantifizieren.

Unter Berücksichtigung dieser Punkte stellt die direkte USD-Sonographie, die von PLANIOL und POURCELOT (26,27) entwickelt und von BÜDINGEN, von REUTERN und FREUND (5,29,30) in die Klinik eingeführt wurde, einen erheblichen Fortschritt in der Diagnostik von Gefäßprozessen des Karotisstromgebietes dar.

4.2. Beurteilung der Augenwinkel-Befunde

Zieht man allein den Augenwinkel-Befund zur Beurteilung der Karotis-Strömungsverhältnisse heran, so ergeben sich zahlreiche, die diagnostische Sicherheit des Befundes beeinflussende Störfaktoren. So zeigten sich bei 5 der 41 Interna-Verschlüsse (12,2 %) normale Augenwinkel-Befunde. Der sonographische Nachweis stützte sich in diesen Fällen ausschließlich auf die direkte Beschallung der Halsgefäße.

Der Augenwinkel-Befund erlaubt demnach keine Aussage über den Schweregrad der Strömungsbehinderung, da die haemodynamische Auswirkung am Augenwinkel bei Stenosisierungen der A. carotis im wesentlichen vom Ausmaß der Kollateralversorgung über den Circulus arteriosus abhängt.

Desweiteren führte bei unseren Untersuchungen eine neben der A. carotis interna Stenose bestehende ipsilaterale Obliteration der A. carotis externa in 72 % der Fälle zu scheinbar normalen Strömungsverhältnissen am Augenwinkel, was als Folge des fehlenden Gegenstromdruckes im Anastomosengebiet zwischen Karotis interna und externa zu deuten ist. Auch läßt sich bei beidseitiger Interna-Obliteration nur die Umkehr der Strömungsrichtung und ein Flow um Null diagnostisch verwerten. Beidseitige Reduktionen der Strompulsamplitude schließen das diagnostische Kriterium der Strompulsamplitudendifferenz $> 40\%$ für gering- bis mittelgradige Stenosen der A. carotis interna aus.

Folglich sollte bei jeder sonographischen Auswertung der A. carotis interna der Befund der Gegenseite und der ipsilateralen A. carotis externa Berücksichtigung finden.

Dies erscheint insbesondere erforderlich, weil in unserem Patientengut bei ca. 60 % der Patienten mit pathologischem USD-Befund gleichzeitig mehrere Arterien des Karotisstromgebietes stenosiert waren.

4.3. Diagnostische Zuverlässigkeit der USD-Sonographie

Nach Literaturangaben lassen sich mit der USD-Sonographie obliterierende Veränderungen an der A. carotis je nach angewandter Untersuchungstechnik bis zu 97 % erkennen. (4,6,17,19,24,29)

Beim Vergleich von 306 Sonographie- mit Angiographiebefunden lag in unserem Patientengut die globale Trefferquote der direkten USD-Methode bei 95,7 %, wobei Stenosen mit einer Lumeneinengung $> 50\%$ und Ver-

schlüsse der A. carotis interna mit nahezu 99 %iger Sicherheit richtig diagnostiziert wurden. Durch Beachtung der akustischen Strömungssignale ließen sich auch Stenosen < 50 % zu 93 % erfassen. Sogar bei arteriosklerotischen Plaques, die als angiographisch nachweisbare Lumeneinengung bis zu maximal 25 % definiert wurden, stimmte in 77,4 % der Sonographie-Befund mit dem Angiogramm überein. Dies erscheint bemerkenswert, da die meisten Autoren betonen, daß die Karotis-Doppler-Sonographie ausschließlich zum Nachweis von über 50 %igen Lumeneinengungen geeignet sei. (4,20,29) Unseren Untersuchungen entsprechend läßt sich durch exakte Interpretation der akustischen Information die diagnostische Empfindlichkeit der USD-Methode erheblich steigern.

4.4. Stellenwert der USD-Sonographie in der Diagnostik von Karotisstenosen und -verschlüssen

Die perkutane, nicht-invasive USD-Sonographie soll bei der Diagnose von Karotisobliterationen die Lücke zwischen der invasiven Angiographie und relativ unzuverlässigen Methode wie Auskultation und Palpation schließen.

4.4.1. Indikation zur USD-Sonographie

Die Indikation zur USD-Untersuchung kann recht großzügig gestellt werden, da es sich um eine billige, schmerz- und risikolose, beliebig oft wiederholbare Methode mit hoher Treffsicherheit handelt.

- Strömungsgeräusch am Hals

Von insgesamt 321 auskultierten Strömungsgeräuschen fand sich 289-mal (90%) als haemodynamisches Korrelat ein sonographischer Stenosebefund im extrakraniellen Karotisabschnitt. Lediglich 32-mal (10%) wurde trotz auskultiertem Strömungsgeräusch kein USD-Befund am Hals erhoben.

Trotz der hohen Wahrscheinlichkeit, im Falle eines auskultierbaren Stenosebefundes auch sonographisch eine Stenose nachzuweisen, konnte im umgekehrten Fall bei 159 pathologischen Sonogrammen kein Strömungsgeräusch auskultiert werden. In diese Gruppe fielen - neben 5 obliterierenden Prozessen an der A. carotis communis und 46 an der A. carotis externa - 53 Karotis interna Plaques und 55 Karotis interna Stenosen, von denen 11 hochgradig stenosiert waren. Somit kann die Auskultation lediglich als grobe Voruntersuchung zur USD-Sonographie aufgefaßt werden.

- Neurologischer Befund

40,2 % unserer Patienten mit zerebralen Herdbefunden - Mono/Hemiparesen, Mono/Hemiparaesthesien, motorischen und/oder sensorischen Aphasien oder einer Amaurosis fugax - wiesen obliterierende Veränderungen unterschiedlichen Grades im Verlauf der A. carotis interna oder der A. carotis communis auf.

Bei 21 % aller Patienten mit einmaligen oder rezidivierenden Synkopen ohne zerebralem Herdbefund und bei 23 % aller Patienten mit zerebralen Allgemeinbefunden wie Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Flimmerskotome, Konzentrationsstörungen und Desorientierung wurden pathologische Befunde dieser Gefäße nachgewiesen.

116 Patienten wurden wegen des klinischen Verdachtes auf eine Karotisstenose (Strömungsgeräusch am Hals) oder wegen einer begleitenden arteriellen Verschlusskrankheit vom Becken-Oberschenkel-Typ untersucht. Dabei fanden sich in 38 % (44 Patienten) Obliterationen an der A. carotis communis und/oder interna.

- Postoperative Kontrolluntersuchungen

Da durch Lumenrekonstruktive Karotisoperationen nicht die ätiologischen Faktoren der Arteriosklerose beseitigt werden, bedarf es zur frühzeitigen Erkennung einer Restenosierung einer regelmäßigen Überwachung der operierten Patienten.

Zu diesem Zweck und zur haemodynamischen Erfolgskontrolle der TEA hat sich die USD-Sonographie bewährt. So kann in den meisten Fällen durch Gegenüberstellung der prae- und postoperativen Sonogramme eine routinemäßige, den Patienten belastende Reangiographie vermieden werden. (18,22,24)

4.4.2. Operation ohne Angiogramm

Bei ausreichender Erfahrung des Untersuchers halten wir es für erlaubt, in ausgesuchten Fällen ausschließlich aufgrund des USD-Befundes, auch ohne praeoperatives Karotisangiogramm, zu operieren.

Von seiten der Angiographie wird hierbei ein erhöhtes Risiko gefordert. Hierzu zählen:

- Bekannte Kontrastmittelallergie
- Einseitige Stenose von 90 % und mehr
- Einseitige Stenose von 90 % und mehr bei Stenose oder Verschluss der kontralateralen Seite

- Rezidivierende transitorische ischämische Attacken
- Zustand nach angiographischem Zwischenfall und Abbruch der Untersuchung

Liegt eines dieser Kriterien und gleichzeitig ein eindeutiger Doppler-sonographischer Befund vor, erscheint eine Thrombendarteriektomie vertretbar.

Um die Eindeutigkeit des USD-Befundes zu gewährleisten, müssen folgende Punkte erfüllt werden:

- Eindeutiger hochgradiger, d.h. haemodynamisch relevanter Stenosebefund mit Abgrenzung des poststenotischen Segmentes.
- Anatomische Differenzierbarkeit zwischen A. carotis interna und externa.
- Kontinuierliche Darstellung der A. carotis interna bis zum Kieferwinkel.

In unserem Patientengut wurden bisher mehr als 70 Desobliterationen des Karotis-interna-Abganges allein aufgrund des USD-Befundes durchgeführt. In allen Fällen wurde intraoperativ die sonographische Diagnose bestätigt.

Patienten mit unklaren USD-Befunden oder mit zerebraler Herdsymptomatik, aber unauffälligem USD-Befund bedürfen praeoperativ immer einer angiographischen Abklärung.

4.4.3. Therapeutisch-prophylaktischer Aspekt der USD-Sonographie

Abschließend stellt sich die Frage, ob es sich bei Risikopatienten lohnt, systematisch nach Karotisstenosen zu fahnden.

Durch den Wandel der klassischen Operationsindikation, nun auch im verstärktem Maße Patienten in einem symptomfreien Stadium prophylaktisch zu operieren (8,33,36), gewinnt die Suche nach klinisch stummen Karotisstenosen zunehmend an Bedeutung.

Wie die Framingham-Studie und weitere Untersuchungen zeigen (10,16), praedisponiert insbesondere der Hypertonus zu einer zerebralen Arteriosklerose.

Auch in unserem Patientengut war der Hypertonus signifikant häufiger mit Stenosierungen im Karotisstromgebiet korreliert.

Als zweitwichtigster Risikofaktor für die Entstehung einer stenosierenden Arteriosklerose fand sich bei unserer Untersuchung das Rauchen.

Die übrigen Risikofaktoren (Diabetes, Adipositas, Hyperlipoproteinämie) zeigten keine signifikante Häufung bei pathologischen USD-Befunden der Karotiden.

Auffallend war, daß die koronare Herzerkrankung signifikant gehäuft mit einer Karotisobliteration gefunden wurde.

Sind Risikofaktoren oder -indikatoren (KHE und AVK) vorhanden, bei denen sich eine stenosierende Erkrankung des Karotisstromgebietes mit hoher Prävalenz zeigt, so sollten auch bei neurologisch unauffälliger Klinik die Strömungsverhältnisse an der A. carotis mit der USD-Methode überprüft werden. Diese Forderung scheint gerechtfertigt, da es sich um eine einfache, den Patienten nicht belastende Methode handelt, die bei entsprechender Erfahrung des Untersuchers mit vertretbarem zeitlichen und finanziellen Aufwand durchführbar ist.

Es wäre unseres Erachtens sinnvoll, zumindestens langjährige Hypertoniker einmal pro Jahr unter dem Aspekt

einer Schlaganfallprophylaxe USD-sonographisch
an den Karotiden zu untersuchen.

5. ZUSAMMENFASSUNG

An der III. Medizinischen Abteilung des Krankenhauses München - Neuperlach wurden im Zeitraum 1.1.1977 bis 31.2.1979 2226 Karotiden von 1113 Patienten Doppler-sonographisch beurteilt.

- Die ersten 113 Patienten wurden ausschließlich am medialen Augenwinkel beschallt.
6,6 % der 226 untersuchten Aa. supratrochleares zeigten einen pathologischen Augenwinkelbefund (7-mal retrograder Fluß, 8-mal Null-Fluß bzw. Seitendifferenz > 40 %), ohne jedoch Auskunft über Lokalisation und Ausmaß der Stenosierung zu geben.
- In Erweiterung der USD-Diagnostik wurden die 2000 Karotiden der folgenden 1000 Patienten zusätzlich in ihrem extrakraniellen Verlauf untersucht.
Diese mit der kombinierten indirekten und direkten USD-Sonographie beurteilten Patienten wurden in den Mittelpunkt der weiteren Untersuchungen gestellt:
 - Bei der USD-Untersuchung dieser 2000 Karotiden fanden wir:
 - 46 Verschlüsse, 225 Stenosen und 79 Plaques der extrakraniellen A. carotis interna;
 - 46 Stenosierungen der intrakraniellen A. carotis interna;
 - einen Verschuß, 17 Stenosen und 6 Plaques der A. carotis communis;
 - 10 Verschlüsse, 219 Stenosen und 5 Plaques der A. carotis externa;
 - 7 Stenosierungen des Truncus brachiocephalicus.
 - Die rechte und linke Karotisstrombahn war annähernd gleich häufig von obliterierenden Gefäßprozessen betroffen.

- Bei ca. 60 % der Patienten mit pathologischem USD-Befund waren gleichzeitig mehrere Arterien des Karotisstromgebietes stenosiert.
- Die Auswertung von 312 pathologischen USD-Befunden an der extra- und intrakraniellen A. carotis interna hinsichtlich der Strömungsverhältnisse am Augenwinkel erbrachte folgende Ergebnisse:
 - Extrakranielle A. carotis interna Verschlüsse (n=41) zeigten in 87,8 % der Fälle eine Stromumkehr bzw. einen Null-Fluß am Augenwinkel. 5-mal fanden wir normale Augenwinkel-Befunde. In diesen Fällen wurde der Verschuß allein durch die direkte Beschallung der A. carotis interna nachgewiesen.
 - Intrakranielle A. carotis interna Stenosierungen (n=38) wurden - bei normalem USD-Befund am Hals - 11-mal durch Stromumkehr, 13-mal durch Null-Fluß und 14-mal durch eine Amplitudendifferenz $> 40 \%$ festgestellt.
 - Arteriosklerotische Plaques (n=76) zeigten keine haemodynamischen Auswirkungen am Augenwinkel.
 - Extrakranielle A. carotis interna Stenosen (n=157) wiesen häufig (56 %) einen unauffälligen Befund am Augenwinkel auf. In diese Gruppe mit unauffälligem Befund fielen signifikant gehäuft Patienten, bei denen neben der A. carotis interna Stenose gleichzeitig ein weiterer pathologischer Befund an der ipsi- und/oder kontralateralen A. carotis externa und/oder interna vorlag. (n=113) Hierbei führte am häufigsten eine neben der Karotis interna-Stenose bestehende ipsilaterale Obliteration der A. carotis externa in 72 % dieser Fälle zu scheinbar normalen Strömungsverhältnissen am Augenwinkel.

Bei beidseitiger A. carotis interna Obliteration verliert das diagnostische Kriterium der Stompulsamplitudendifferenz $> 40\%$ durch beidseitige Reduktion der Stompulsamplitude am medialen Augwinkel an diagnostischer Aussagekraft.

- Es konnte keine geschlechtsspezifische Häufung pathologischer USD-Befunde nachgewiesen werden.
- Das Durchschnittsalter der Patienten mit pathologischen USD-Befunden lag mit 70,2 Jahren signifikant höher als das Durchschnittsalter derjenigen Patienten mit unauffälligem USD-Befund.
- Die Risikofaktoren Hypertonus und Rauchen kamen in der Patientengruppe mit stenosierenden Gefäßprozessen an den Karotiden signifikant gehäuft vor.
Bezüglich weiterer atherogener Risikofaktoren - Diabetes, Adipositas und Hyperlipoproteinämie - stellten wir keine Häufung fest.
- Koronare Herzerkrankungen wurden signifikant gehäuft in Kombination mit einer Karotisinsuffizienz gefunden.
- Der Vergleich neurologischer Befund und USD-Befund ergab folgenden Zusammenhang:
 - Ein zerebraler Herdbefund führte am häufigsten zur USD-Diagnostik (n=368). 40,2 % dieser Patienten wiesen einen pathologischen Befund an der A. carotis interna und/oder A. carotis communis auf.
 - Bei 21 % der Patienten mit einmaligen oder rezidivierenden Synkopen (n=210) und bei 23 % der Patienten mit zerebralen Allgemeinbefunden wie Kopfschmerzen, Schwindel, Übelkeit, Benommenheit, Desorientierung etc. (n=256) fanden wir pathologische Veränderungen an der Karotis interna und/oder Karotis communis.

- Bei 116 Patienten führten nicht zerebrale Beschwerden, sondern bestehende arterielle Verschußkrankheiten im Becken-Bein-Bereich oder ein festgestelltes Strömungsgeräusch am Hals zur USD-Untersuchung. 37,9 % dieser Patienten zeigten einen pathologischen USD-Befund.
- Die vor jeder Untersuchung erhobenen Auskultationsbefunde wurden mit dem entsprechenden USD-Befund verglichen.
 - 289-mal entsprach das auskultierte Strömungsgeräusch dem sonographischen Stenosebefund an den extrakraniellen Karotisästen.
 - Bei 53 Karotis interna Plaques, 55 Karotis interna Stenosen (von denen 11 eine hochgradige Lumeneinengung aufwiesen), 46 Karotis externa Stenosen und 5 Stenosierungen der A. carotis communis konnte auch in nachträglicher Kenntnis des Sonographiebefundes kein Strömungsgeräusch auskultiert werden.
 - 32-mal wurde trotz auskultierbarem Strömungsgeräusch kein pathologischer USD-Befund erhoben.
- Beim Vergleich von 306 Sonographie- mit Angiographiebefunden lag die globale Trefferquote der USD-Methode bei 96 %, wobei Stenosen > 50 % und Verschlüsse mit 99 %iger Sicherheit richtig vorhergesagt werden konnten.

Durch exakte Beachtung der akustischen Strömungssignalleßen sich sogar arteriosklerotische Plaques mit 77 %iger und Stenosen < 50 % mit 93,5 %iger Sicherheit erkennen.

6. LITERATURVERZEICHNIS

1. ACHESON, J., E.C. HUTCHINSON:
The natural history of focal cerebral
vascular disease.
Quart. J. Med. 40:15, 1971
2. ALTER, M., ST. KIEFFER, J. RESCH, K. ANSARI:
Cerebral infarction. Clinical and angio-
graphic correlation.
Neurology (Minneap.) 22:590, 1972
3. BERNSMEIER, A., U. GOTTSTEIN:
Erkrankungen der Hirngefäße und Störungen
der zerebralen Zirkulation.
In: HEBERER, G., G. RAU, W. SCHOOP (Hrsg.)
Angiologie. Grundlagen, Klinik und Praxis.
Thieme Verlag Stuttgart (1974), S. 469
4. BÜDINGEN, H.J., M. HENNERICI, K. VOIGT, K. KENDEL,
H.-J. FREUND:
Die Diagnostik von Stenosen oder Verschlüs-
sen der A. carotis interna mit der direk-
tionellen Ultraschall-Doppler-Sonographie
der A. supratrochlearis.
Dtsch. med. Wschr. 101:269, 1976
5. BÜDINGEN, H.J., G.-M. v. REUTERN, H.-J. FREUND:
Die Differenzierung der Halsgefäße mit der
direktionellen Doppler-Sonographie.
Arch. Psychiat. Nervenkr. 222:170, 1976

6. COURBIER, R., M. REGGI, J.M. JAUSSEAN:

Exploration of carotid artery and vessels
of the neck by Doppler techniques.

In: DIETRICH, E.B.:

Noninvasive cardiovascular diagnosis -
current concepts.

University Park Press, Baltimore 1978, p.61

7. DENCK, H., G.W. HAGMÜLLER:

Chirurgie der extrakraniellen Hirnschlag-
adern (Indikation und Ergebnisse).

Thoraxchir. Vask. Chir. 25 (4): 302, 1977

8. DONGEN, R.J.A.M. van:

Chronische Verschlußprozesse der Karotis-
gabel; Chirurgische Therapie.

Thoraxchir. Vask. Chir. 25 (4): 246, 1977

9. FIELDS, W.S.:

The joint study of extracranial arterial
occlusion.

Cerebrovascular Survey Report Joint Council
Subcommittee on Cerebrovascular Disease,
National Institute Neurologic Diseases and
Stroke and National Heart and Lung Institute,
July 1970

10. GOTTSTEIN, U.:

Zur Pathogenese der Hirnischämie, unter be-
sonderer Berücksichtigung der Risikofaktoren.
Internist 17: 1, 1976

11. GROBE, Th.:

Neuropsychiatrische Symptomatik extra-
kranieller Gefäßstenosen.

Med. Welt 29 (24):990, 1978

12. HELMIG, L., R. HEBER, W.E. TUINEBREIJER:

Zur Häufigkeit der Kombination von
arterieller Verschlusskrankheit im
supraaortischen und Becken-Bein-Bereich
im Krankengut einer gefäßchirurgischen
Abteilung.

Thoraxchir. Vask. Chir. 25(4):282-7, 1977

13. HÜBNER, H.-J.:

Zum Verlauf der Arteria carotis interna
im Bereich des Halses.

Anat. Anz. Bd. 121: 489-96, 1967

14. IMMICH, H.:

Medizinische Statistik: eine Einführungs-
vorlesung.

Schattauer Verlag Stuttgart (1974),
S. 290

15. JARRETT, F., W. Mc HUGH:

Transient ischemic attacks, asymptomatic
bruits, and carotid endarterectomy.

JAMA 239 (19):2027-8, 1978

16. KANNEL, W.B., Ph. A. WOLF, J. VERTER, P.M. Mc NAMARA:

Epidemiologic assessment of the role of
blood pressure in stroke. The Framingham
Study.

J. Amer. med. Ass. 214:301, 1970

17. KELLER, H., G. BAUMGARTNER, F. REGLI:
Carotisstenosen und -okklusionen.
Diagnose durch perkutane Ultraschall-
Doppler-Sonographie an der A. supra-
orbitalis oder A. supratrochlearis.
Dtsch. med. Wschr. 98: 1691, 1973
18. KELLER, H.M., W.E. MEIER, Y. YONEKAWA:
Prä- und postoperative Doppler-Ultra-
schallmessungen in der Karotischirurgie
(Karotis-Doppler-Untersuchung).
Thoraxchir. Vask. Chir. 25 (4): 254, 1977
19. KELLER, H.M., O. SCHUBIGER, C. KRAYENBUHL, B. ZUMSTEIN:
Cerebrovascular Doppler examination and
cerebral angiography - alternative or
complementary?
Neuroradiology 16: 140, 1978
20. KRIEBEL, J., E. SCHURIG:
Direktionelle Doppler-Sonographie bei
Stenosen und Verschlüssen der A. carotis
interna.
Med. Welt 26: 2202, 1975
21. MAROON, J.C., R.L. CAMPBELL, M.L. DYKEN:
Internal carotid artery occlusion
diagnosed by Doppler ultrasound.
Stroke 1: 122, 1970
22. MEIER, W.E., H.M. KELLER:
Der Wert der Karotis- und Vertebralis-
Doppler-Untersuchung bei Eingriffen an der
extrakraniellen A. carotis und A. subclavia.
In: KRIESSMANN, A., A. BOLLINGER:
Ultraschall-Doppler-Diagnostik in der
Angiologie.
Thieme Verlag Stuttgart (1978)

23. MÖRL, H.:
Zerebrale Durchblutungsstörungen durch
extrakranielle Gefäßverschlüsse.
Deutsches Ärzteblatt 13: 871, 1977
24. MÜLLER, H.R.:
Doppler-Sonographie der Karotis-Strom-
bahn
Internist 17 (11): 570, 1976
25.
Normalwerttabelle, 4. vorläufige, des
Klinisch-Chemischen Instituts am Kranken-
haus München-Neuperlach vom Nov. 1977
26. PLANIOL, Th., L. POURCELOT:
Doppler effect study of the carotid
circulation.
In: de VLIEGER, M., D.N. WHITE, V.R. Mc
CREADY:
Ultrasonics in medicine.
Excerpta Medica, Amsterdam 1974, p. 104
27. POURCELOT, L.:
Indications de l'ultrasonographie Doppler
dans l'étude des vaisseaux périphériques.
L'Année du Practicien 25: 4671, 1975
28. REIMER, F., D. WERNHEIMER, B. FRIEDRICH, J. LANGE,
P.C. MAURER, H.M. BECKER:
Extrakranielle Karotisstenosen und ihre
sonographische Diagnose.
Med. Klin. 75: 32, 1980
29. v. REUTERN, G.-M., H.J. BÜDINGEN, M. HENNERICI,
H.-J. FREUND:
Diagnose und Differenzierung von Stenosen
und Verschlüssen der Arteria carotis mit
der Doppler-Sonographie
Arch. Psychiat. Nervenkr. 222: 191, 1976

30. v. REUTERN, G.M., H.J. BÜDINGEN, E. ORTEGA-SUHRKAMP,
K. VOIGT, H.-J. FREUND:
Differenzierungsmöglichkeiten der extra-
kraniellen Hirngefäße mit der Ultraschall-
Doppler-Sonographie.
In: KRIESSMANN, A., A. BOLLINGER:
Ultraschall-Doppler-Diagnostik in der
Angiologie.
Thieme Verlag Stuttgart (1978), S. 105
31. SACHS, L.:
Statistische Auswertungsmethoden
Springer Verlag Berlin (1968), S. 341
32. STATISTISCHES BUNDESAMT (Hrsg.)
Fachserie 12: Gesundheitswesen,
Reihe 4, Todesursachen, 4. Viertel-
jahr 1978,
Kohlhammer Verlag Stuttgart
33. STELTER, W.-J., S. von LIEBE, G. BAUMANN,
H.M. BECKER, G. HEBERER:
Wandlungen in der Indikation zum rekon-
struktiven Eingriff an den supraaortalen
extrakraniellen Arterienästen.
Thoraxchirurgie 25: 298, 1977
34. SUNDT, T.M., B.A. SANDOK, J.P. WHISNANT:
Carotid endarterectomy: Complications
and preoperative assessment of risk.
Mayo, Clin. Proc. 50: 301, 1975
35. THOMPSON, J.E.:
The development of carotid artery surgery.
Arch. Surg. 107: 643, 1973

36. THOMPSON, J.E., R.D. PATMAN, C.M. TALKINGTON:
Asymptomatic carotid bruit: Long-term outcome of patients having endarterectomy compared with unoperated controls.
Ann. Surg. 188 (3): 308, 1978
37. VOLLMAR, J.:
Rekonstruktive Chirurgie der Arterien.
2. überarb. und erweit. Aufl. Thieme, Stuttgart 1975
38. ZULCH, K.J.:
Allgemeine Prinzipien bei der Entstehung der Kollateralkreisläufe der Hirnarterien.
Radiologe 9: 396, 1969

Dank möchte ich denen aussprechen, die mir bei der Bearbeitung der gestellten Aufgabe behilflich waren.

Herrn Prof. Dr. P. Dieterle danke ich für die Überlassung des Themas und seine Hilfsbereitschaft.

Insbesondere danken möchte ich Herrn Dr. F. Reimer für seine zahlreichen Anregungen sowie für seine kontinuierliche und stets freundliche Betreuung.

Für die Hilfe bei der Erstellung der Zeichnungen danke ich Frl. H. Hochrath; für die Unterstützung bei der statistischen Auswertung meinem Bruder Dr. G. Kissel.

LEBENS LAUF

Name : Wernheimer, geb. Kissel
Vorname : Dora
Geburtsdatum : 09.09.1954
Geburtsort : Koblenz
Vater : Kissel, Heinz, Oberingenieur
Mutter : Kissel, Vera, geb. Moor
Eheschließung: am 26.07.1974, mit
Friedrich Wernheimer, Studienrat
Ausbildung : 1961 - 1965 Volksschule an der Gänse-
lieselstraße München
1965 - 1967 Gymnasium der Armen Schul-
schwestern in München
1967 - 1974 Sophie-Scholl-Gymnasium
in München
1974 Erlangung der Hochschul-
reife
1977 Ärztliche Vorprüfung
1978 Erster Teil der Ärztlichen
Prüfung
1980 Zweiter Teil der Ärztlichen
Prüfung
Dritter Teil der Ärztlichen
Prüfung
Approbation

